

## 持続時間収縮錯覚と時間間隔による文脈の関係について

津崎 実<sup>1), 2)</sup>

minoru.tsuzaki@kcua.ac.jp

加藤 宏明<sup>3)</sup>

kato@atr.jp

<sup>1)</sup>京都市立芸術大学 (〒610-1197 京都府京都市西京区大枝沓掛町13-6)

<sup>2)</sup>ATR音声言語コミュニケーション研究所 (〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台2-2-2)

<sup>3)</sup>ATR人間情報科学研究所 (〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台2-2-2)

**あらまし** 音響信号の一部を雑音等で置換した場合に知覚される持続時間は置換のない場合に比較して短くなることが知られている。この持続時間収縮錯覚を説明するモデルとして提案された証拠制御型ゲート・モデルに対峙するものとして、刺激文脈によるバイアスを雑音の存在が強化することによって錯覚を説明する立場が存在する。このような刺激文脈がなるべく働かない条件を作るべく、4音系列の各音の開始点間隔時間をランダムに変動する条件、ならびに完全に固定してしまう条件で持続時間収縮錯覚の測定を行った。ランダム変動条件では文脈を取り去ることができなかったことを示唆する結果が得られたのに対して、固定条件では文脈を部分的に取り去ることが可能であった。このような条件下でも持続時間収縮錯覚が観察されていることにより、証拠制御型ゲート・モデルに立脚した説明の妥当性はさらに支持された。

**キーワード** 持続時間縮小錯覚, 連続聴錯覚, 繫留効果, 等拍性, 時間知覚, 聴覚情報処理, 音価

## Shrinkage of Auditory Duration and its Interaction with Contextual Information by Temporal Structures

Minoru Tsuzaki<sup>1), 2)</sup>

minoru.tsuzaki@kcua.ac.jp

Hiroaki Kato<sup>3)</sup>

kato@atr.jp

<sup>1)</sup>Kyoto City University of Arts (13-2, Kutsukake-cho, Oe, Nishikyo-ku, Kyoto, 610-1197 Japan)

<sup>2)</sup>ATR Spoken Language Translation Research Laboratories (2-2-2 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto, 619-0288 Japan)

<sup>3)</sup>ATR Human Information Science Research Laboratories (2-2-2 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto, 619-0288 Japan)

**Abstract** When a portion of auditory stimuli is replaced by a noise burst, their duration are perceived to be shorter than the intact counterparts. While this illusory shrinkage of auditory duration has been explained by the *evidence-gate model*, the explanation on the basis of an enhanced bias effect provided by stimulus contexts has a certain degree of potential. The validity of this context-based explanation was investigated by measuring the illusory shrinkage under two conditions; (a) the random IOI condition; (b) the fixed IOI condition. The result obtained under the random IOI condition did not indicate that the contextual information was removed or weakened. On the other hand, the contextual information appeared to be weakened under the fixed IOI condition. The fact that the illusory shrinkage was observed under the condition where the contextual information was weakened provides a further support for the *evidence-gate model*.

**Keywords** illusory shrinkage of auditory duration, illusory continuity, anchoring effects, isochronism, time perception, auditory information processing, note value

### はじめに

人間の音楽知覚場面を想定すると、音楽を媒介する音響信号のひとつひとつの音の持続時間、ならびに音相互間の時間関係が重要な位置を占めている。即ち、音楽作品や音楽的表出の韻律やリズムの側面である。この側面に関する研究は音楽理論、知覚心理学、認知科学の各分野に渡ってさかんに行われてきており、枚挙にいとまがない状況を作っている。しかしながら、その数の多さは一

方で議論が発散しがちで、一部では混乱を生じていることをも物語っている。

そのような混乱の一因は、物理的に観察される現象と知覚現象の間に存在する違いに対して無知を装う、もしくは無知に気づかないことにあると著者らは考える。多くの心理学的アプローチはそのような違いの存在を明らかにする試みであると位置づけられる。本研究もそのような流れの中の一研究である。

本研究で取り扱うのはことさら音楽的な場面を前提とした刺激状況ではなく、音声や環境内に存在する他の音響事象にも適用可能な一般性の高い刺激状況である。その意味では音楽について特に関心の高い読者にとっては遠い存在のように映るかもしれない。しかしながら、著者としては本研究で取り扱う人間の知覚過程は、より根元的な部分のものであり、音楽の享受に対しても決して無縁ではないと考える。敢えて音楽に高い関心を持つ研究者層へも内容を紹介し、そのより高度化した専門的視野による批判をいただきたいと思うものである。

さて、本研究ではTsunamiら[1, 2, 3]によって報告された持続時間収縮錯覚について、その現象を打ち消すように働く刺激文脈の要因の存在が議論される。持続時間収縮錯覚とはある持続的な音の一部を雑音などによって置換した場合にその主観的な持続長が『実際』より短く知覚される現象をいう。ここでいう『実際』の持続長とは物理的な持続長のことではない。なぜならばそもそも物理的な持続長と主観的な持続長とを直接比較することはできないからである。ここでの『実際』の持続長とは置換を行わなかった場合に感じられる主観的な持続長という意味である。

この持続長収縮現象は単語音声刺激を用いて最初に報告された[1]。その際に持続長の調整ならびに雑音置換の対象となったのは音声の中のある特定のモーラ（実際には4モーラ音声の第3モーラ）であった。このような刺激ではそのモーラの持続長の変化に伴い、単語全体の時間構造である各モーラの開始点間のタイミング、即ち開始点時間間隔(IOI)も変化する。これは音声に特異的なことではない。それが証拠に楽譜上の音価はひとつの楽音の長さを指定すると同時に、次の音までの時間間隔、あるいは各小節内でのその音の開始位置の指定に関する情報を持っている。

このように持続長が相互の時間位置関係についても規定しているのは、単独の物体（弦や音響管や声帯など）が振動の様相を変えるためには必ず前の状態を終了しなければならない、という物理的制約が存在するからである。このような意味で持続長(duration)と相互の時間位置関係(interval)の間には密接な依存関係が存在していると主張することができる。

しかしさらに深く考えると、この依存関係は密接と言うのは少し言い過ぎと言うことが分かる。実際の環境では次から次へと到来する音は必ずしも同じ振動体から到来するものばかりではない。ピアノの場合などはその典型であろう。また、次の音が開始するよりも前の時点で発振を終了してしまうことは可能であり、このような違いはスタッカートやテヌートとしての

奏法の違いとして知覚可能となる。

一方、時間知覚に関する研究の中では持続長と時間間隔の区別が的確になされていたとは言い難い状況が存在する。時間知覚研究の古典的な題材として空虚時間と充実時間をめぐる知覚上の差異がいろいろと議論されてきた[4, 5]。しかし、多くの場合、両者の違いはある区間を区切る時間マーカーの違いとして抽象度の高いレベルで議論されることが多い。即ち、空虚時間とはふたつの短音などによって区切られる、その中に別の事象がないも生じない時間間隔であると定義する一方で、充実時間とはその間が音で満たされている時間間隔と定義した。この定義の具合の悪い点は充実時間の中にもさらに性質の異なる変種を許容してしまうことである。即ち、ひとつの音の持続時間も充実時間であると見なせるのに対して、コツコツと続く一連の足音のように、複数（3つ以上）の事象の生起があった場合の最初と最後の音の間の時間間隔も充実時間と見なせることになる。

我々が持つ知覚的印象とは、環境内に生じた事象の物理的性質を内面化するための評価関数の戻り値である、と位置づけることができる。そもそもひとつの音が続くことに伴い変化する時間に対する知覚的評価関数と、複数の事象の生起の時間関係を見積もるための評価関数との間には基本的な設計方針の違いがあっても不思議ではない。充実時間と空虚時間の概念的対峙は、持続時間と事象間間隔時間の区別を時間マーカーの抽出過程の違いのレベルですべて吸収し、その後の処理を共通化するという精神に貫かれている。この方針はある意味で単純明快であるという利点を持っている。だからこそ、時間知覚研究の長い歴史の中を生き延びてきたのであろう。しかしながら、この設計方針ではうまく行かないことがあるのは次のような例を考えてみれば明らかである。

我々を取り巻く環境に存在する物体は、その物理的性質によって様々なインパルス応答を示す。つまり、我々は物体を叩いたときに返ってくる音によってその物体が硬いのか柔らかいのか、軽いのか重いのか、中空なのかなどがある程度知ることができる。その場合にインパルス応答の長さは重要な手掛かりを与えている。このインパルス応答は通常徐々に減衰するような包絡パターンを持っており、明確な終了点を定義するのは困難である。それにも関わらず我々は長さの違いをそれほど迷いもなく感じている。つまり終了点の明確な定義ができないにもかかわらず、持続時間が評価できることを意味する。

このような環境を考慮すると、持続時間と時間間隔の間ではそれぞれ別の評価方式を持っているシステムの合理性が出てくる。このような2種類の時間評価方式の存在は、持続時間収縮錯覚に関する一連の実験結果からも示唆されてきている。

最初の持続時間収縮錯覚の報告例である4モーラ音声を用いた実験結果では、雑音置換の有無による主観的持続時間の違いと併せて、刺激全体の時間構造によるバイアス効果が観察された[1, 3]。即ち、4モーラ単語内のあるモーラの長さを基の長さよりも逸脱させると、あたかも基の長さに戻そうとするかのような錯覚傾向を示す調整結果が得られたのである。即ち、普通よりも短い刺激は長めに、長い刺激は短めに知覚する傾向があった。重要なのはこれらの基の時間構造からの逸脱要因の効果、即ち刺激文脈の効果は、雑音置換による持続時間収縮の効果とは独立だった点である。TsuzakiとKatoはこの独立性を足がかりとして証拠量制御式の可変ゲート・モデルを主観的持続時間評価の方式として提案している[3]。このモデルはCreelman式の神経パルス・カウンタ・モデルの改訂版的なものとも言えるが、カウンタへの入力ゲートの開口度が可変となっているという追加に加えて、その評価対象が持続時間に限定されるという本質的な差異を有する。

ところが、刺激文脈の要因と雑音置換の要因間の独立性をさらに検証すべく計画された実験結果は、必ずしも最初の音声刺激で得られたような完全な独立性を示すものではなかった。例えば、4つの純音が等拍、等持続時間で繰り返すパターンを中心に、その構造からの逸脱を作って行った実験では、短くなった音に雑音置換を施すと長く知覚される傾向、すなわち収縮とは逆の傾向が観察された[6]。これを以下、逆転傾向と呼ぶこととする。

本研究では、この逆転傾向をもたらず要因についてさらに詳細に検討を加えることによって、時間構造の変化に対して知覚系がどのような評価関数を用いて判断を下しているのかを解明する手掛かりを探っていく。

## 実験1 IOI変動の効果

### 《目的》

この実験では文脈の手掛かりを低下することをねらって各音の開始点時間間隔(IOI)を試行毎に変動させる条件下において雑音置換による主観的持続長の収縮効果について調べた。この条件下で逆転傾向が消失するのであれば、逆転傾向はIOIに存在した強固な等拍構造によるものであるとすることができる。

### 《実験計画》

雑音置換要因としての置換の有無の別による2条件、標準刺激長要因として3条件を直交配置した。

### 《刺激》

4つの純音の連鎖からなる系列を実験刺激とした。変形、置換の操作対象となるのは第3音とした。その周波数は1000 Hzとし、物理的持続時間長は110, 150, 190 msの3条件とした。その他の

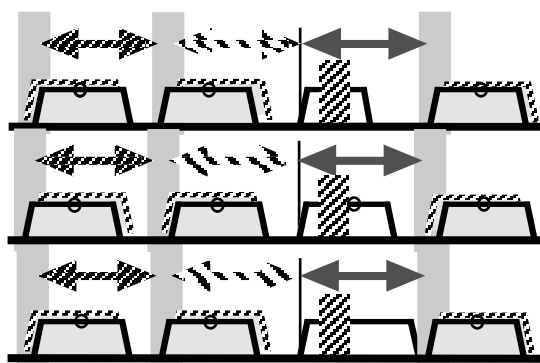


図1. IOIランダム変動条件での標準刺激セットの模式図。各音のIOIは等時的なものを基準として試行毎にランダムな逸脱を加えた。

第1, 2, 4音の持続時間長はすべて150 msとした。対象部を他の音から知覚的に区別しやすいように周波数を他の音から異なるように設定した。第1, 4音は707.1 Hz (第3音より6半音下) とし、第2音は749.2 Hz (第3音より5半音下) とした。

置換雑音は対象音の周波数を中心とした狭帯域雑音(920 - 1080 Hz)とした。雑音の長さは50 msとし、置換を加える区間は対象音の開始から20 msの時点とした。置換雑音のスペクトルレベルは対象音の10 dB上とした。

各音の間の空白時間を調節することによって各刺激の定時毎に3つのIOIは200 msから500 msの間をランダムに変動した。従って、音列全体の持つ全体的な時間構造は試行毎に変動を受けることになる。但し、標準刺激と比較刺激の間は各試行共通の空白時間のセットを使用することとした。よって比較刺激の第3音の物理長が標準刺激と等しくなった場合は両者の間の物理的時間構造は全く同一となることになる。図1はこの条件における刺激の時間構造を模式的に示したものである。第3音の開始点を基準とした場合、他の各音の時間位置は試行毎にランダムに移動することになる。偶然の結果としてIOIが等拍構造になることはあっても、基本的に等拍性が保証されることはない。

### 《手続》

調整法によるPSEの計測を行った。実験刺激はソフトウェア(MathWorks Matlab)によって計算機上 (Apple iMac DVまたはApple PowerBook G3) で作成し、同じ計算機上で実験の制御が行われた。刺激は計算機の音響信号出力端子からヘッドフォン・アンプ(STAX SRM-313)によって駆動されるコンデンサー型ヘッドフォン(STAX SR-303) を介して聴取者の両耳に提示された。無置換の標準刺激で提示レベルは65 dB SPLとした。実験は京都市立芸術大学の防音室内で実施した。

聴取者に対しては彼等の調整は比較刺激の第3音の持続長のみに影響すること、さらに各音のIOIは音が提示される度にランダムに変動すること、さらに第3音以外の音は課題にとって無関係であるのでできる限り無視して構わないことを予め教示した。

#### 《聴取者》

京都市立芸術大学の学生10名が実験に参加した。全員健聴者であり、実験の参加に対して報酬を得た。全員が音楽専攻の学生であった。

#### 《結果》

図2に聴取者、調整系列についてプールした平均PSEシフトを標準刺激長の関数として置換条件別に示す。PSEシフトは無置換条件、雑音置換条件のいずれにおいても標準刺激長に対して右下がりの形となった。150 msと190 ms条件では雑音置換した刺激の方が無置換の刺激よりも収縮されて知覚されていたことを示す結果が得られた。しかし、110 msの条件では逆転が生じた。

置換要因、標準刺激長要因を主要因とし、聴取者をブロック要因とする分散分析の結果、標準刺激長要因に有意差が見られた[F(2, 18) = 17.19,  $p < .0001$ ]。しかし、この主効果は雑音置換要因と有意な交互作用を示した[F(1, 9) = 3.474,  $p < 0.0952$ ]。ポストホックな対比較検定(Tukey-Kramer HSD, 有意水準5%)を実施したところ雑音置換の効果は190 ms条件のみで有意であった。

#### 《考察》

雑音置換要因と標準刺激長要因の間には有意な交互作用が存在した。110 ms条件における雑音置換効果は有意差には至らなかったものの、効果の方向は他の2つの標準刺激長条件とは逆のパターンを示し、いわゆる逆転傾向の様相を呈した。IOIのランダムな変動の導入により等拍性の文脈を低下させ、その結果として逆転傾向を抑制しようというねらいは果たせなかったことになる。

ここで注目すべき点は、この実験において標準刺激長の要因が系統的な影響を与えていた点である。IOIのランダムな変動の導入の目的は等拍性による文脈的情報の働きを抑えることにある。しかし、標準刺激長の要因が有意であり、その影響の仕方も等拍性の要因が働いた場合に想定される方向と一致していたことから、IOIのランダムな変動はねらい通りには働かなかったのではないかと考えられる。

ここで改めて刺激の条件を見直してみたい。確かに聴取者にとっては毎試行耳にする刺激のIOIはランダムに変動していたかもしれないが、3つの各IOIの変動は確率的に見るとすべて300 msの間隔を期待値として独立に変動をしていたことになる。即ち、聴取者にとっては300 msの

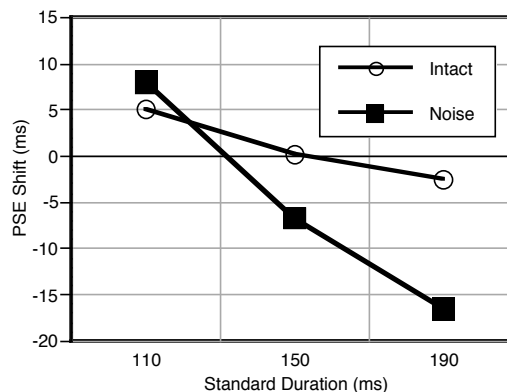


図2 IOIランダム変動条件における実験結果。標準刺激の持続時間の関数としてPSEシフトをプロット。媒介変数は雑音置換の有無の別である。

等拍性を期待したとしても確率的には大きな間違いとはならないとも言える状態であった。かなり強固な等拍性文脈が存在していた以前の実験[6]に比べると、実験1の標準刺激の効果は穏やかなものとなった。その意味ではIOIのランダム変動は等拍性文脈を低減する効果は持っていたものの、それは等拍性文脈を打ち消すほどには強くなかったのではないかと考えられる。

そもそもIOIに対するランダムな変動の導入は、聴取者に自らの調整の結果が影響するのは持続長の側面のみで、IOIを制御することはできないことを実験状況として理解させるべく施した措置であった。しかしながら、変動がランダムであり、かつ聴取者の反応と独立であったがために聴取者はIOIの側面についても若干の制御をしていたかのような錯覚を持った可能性がある。聴取者に持続時間の側面にのみ焦点を当てさせる別の方法として、IOIの関係については固定してしまうという方法が考えられる。実験2ではその条件設定について試す。

## 実験2 IOI固定による影響

### 《目的》

実験2ではすべてのIOIは300 msに固定する。従って等拍構造は対象音の持続長の如何に関わらず常に保証されていることになる。この実験条件はIOIの変動幅を零にした実験1の特殊ケースとして考えることができる。

### 《実験計画》

実験1と同じく、雑音置換要因としての2条件、標準刺激長要因として3条件を直交配置した。

### 《刺激》

この実験の刺激は図3に示すように、すべてのIOIが300 msに固定された点を除いて実験1の刺激と同一であった。

### 《手続》

実験手続は実験1と同じであった。

#### 《聴取者》

京都市立芸術大学の学生10名が実験に参加した。全員健聴者であり、実験の参加に対して報酬を得た。全員が音楽専攻の学生であった。誰も実験1には参加していない。

#### 《結果》

図4に聴取者、調整系列についてプールした平均PSEシフトを標準刺激長の関数として置換条件別に示す。150, 190 ms条件では雑音置換した刺激は置換のない刺激よりも主観的持続長が収縮傾向にあることを示す結果となった。110 ms条件では置換条件による差はほとんど観察されなかった。

雑音置換要因、標準刺激長要因を主要因、聴取者をブロック要因とする分散分析を実施した結果、雑音置換要因が有意になった[F(1, 9) = 23.96, p < .0009]。標準刺激長要因については有意差とは至らなかった[F(2, 18) = 3.322, p < .0592]。両主効果間の交互作用は有意となった[F(2, 18) = 12.27, p < .0004]。Tukey-Kramer

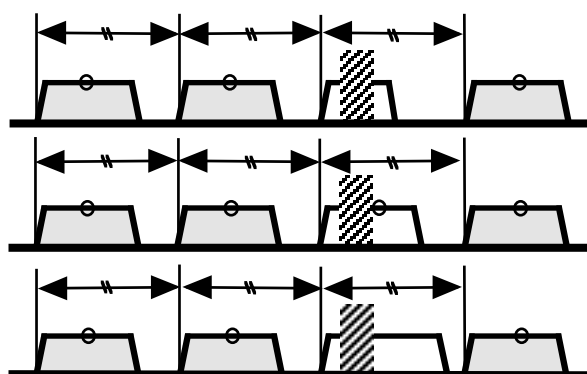


図3. IOI固定条件の標準刺激セットの模式図。各純音間のIOIは第3音の時間長によらず常に等しくなっている。

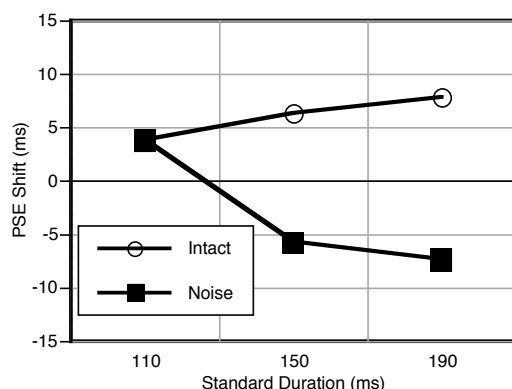


図4. IOI固定条件による実験結果。標準刺激の持続時間の関数としてPSEシフトをプロット。媒介変数は雑音置換の有無の別である。

のHSDによる対比較検定の結果、雑音置換条件と無置換条件の間の差は標準刺激長が150 ms, 190 msの場合には有意差となったが、110 msの場合には有意差とはならなかった。

#### 《考察》

本論文の一連の実験で得られた典型的な標準刺激長の効果は、標準刺激長が長くなるほど過小評価傾向が強まるというものであった。実験2の結果にはこのような典型的なパターンに当てはまらなかった。標準刺激長への依存性は僅かで、仮にそれを認めるとしても典型的なパターンとはむしろ逆の傾向を示した。ここから以前の実験で観察された文脈効果は今回の実験状況下では排除されていたことが示唆される。さらに、150, 190 ms条件では明瞭な雑音置換による収縮効果が観察される一方で110 msにおいてはそれは観察されなかったものの、逆転傾向についても実験2では観察されなかった。

聴取者が等拍構造を持った刺激に遭遇する頻度はこの実験2が実験1よりも高いことになる。また、IOIと周波数の違いを無視して持続時間の側面のみ注目すれば、実験2の刺激は以前逆転傾向と最初に遭遇した等拍等時間長の刺激との類似性が非常に高いということにもなる。それにもかかわらず、等時性という観点で説明してきた文脈効果はこの実験では観察されなかったことになる。

#### 総括考察

TsuzakiとKatoは刺激文脈として等拍構造への吸着が生じにくいように配慮した条件下でも、雑音置換による影響を検討した[6]。その実験の結果と図4に示す結果には類似性が認められる。これらの条件では標準刺激長要因による系統的な影響が観察されていない。その実験では聴取者はいかに調整を繰り返してもIOIによる等拍構造を実現することはできない。対照的に今回の実験2では聴取者の調整のいかに寄らず等拍構造は常に存在している。

本論で論じてきた文脈効果とは、典型的な鋳型からの逸脱を補正する方向に働く知覚的なバイアス効果と見なすことが可能である。実験2では等持続時間の構造からの逸脱は有っても、等IOI構造から刺激が逸脱することはありえない。

実験2において明瞭な文脈効果が観察されなかったことは、典型的な鋳型が想定できない以前の実験と共通するものである。これは、等持続時間はそれほど強固な鋳型として働かないことを示唆する。さらに長さもIOIも等しい4音を軸とした実験条件で、逆転傾向に至るまでの強い文脈効果をもたらしていたのは等IOI構造の方であることを示唆する。つまり、等拍性とは本質的に等IOI性によってもたらされていると考え

られる。さらに、文脈効果をそのような等拍性が生むためにはそのような構造が単純に存在していればよいというものでもなさそうなことを実験2の結果は物語っている。実験2では等拍(等IOI)の構造は存在していたわけであるが、それは聴取者の調整の結果にかかわらず常に存在していたことになる。その場合には文脈の影響が出ないということは、文脈効果として出現するためには聴取者の調整が等拍構造への影響を与えるような状況が必要であると考えられる。

個別の実験で検証を試みた直接的仮説とは別に、今回等拍構造に関連した刺激文脈の影響を調べた背景には、聴覚的な鋳型に備わる時間構造情報は複数事象間のIOIによって運ばれており、持続時間の側面はほとんど寄与しないのではないかという仮説があった。持続時間に対する調整がIOIに変化をもたらさないことが明らかである実験2の条件で、逆転傾向が抑制されること、さらには標準刺激の時間長の効果が見られないことは、この仮説に対する部分的な指示を与える。しかし、実験2の結果においても最短の標準刺激条件では雑音置換による持続時間収縮錯覚は観察されるには至らなかったことから、今回得られた結果からは、この仮説を強く支持することはできない。

但し、刺激文脈が中立的な場合は雑音置換による持続長収縮が観察されている。これまでの一連の持続時間収縮錯覚に関する研究結果を総合的に見ると、逆転傾向などは例外的な事例として取り扱うのが妥当であると考えられる。これは刺激文脈によるバイアスの存在を一切必要としない証拠制御型ゲート・モデルを支持する結果である。

### まとめ

- (1) 雑音置換による持続長収縮現象と、等拍性による刺激文脈効果との関連を調べるために、IOIがランダムに変動する条件ならびにIOIが完全に固定されている条件における時間構造の調整実験を行った。
- (2) IOIがランダムに変動する条件では、標準刺激の時間構造の違いによって観察される錯覚の量と方向が系統的な変化を見せ、さらに短めの刺激に雑音置換をすると無置換のものに対して長めに知覚されるという逆転傾向が観察された。
- (3) IOIが完全に固定される条件では、逆転傾向は現れず、また標準刺激の時間構造による錯覚量の系統的な違いも観察されなかった。
- (4) 等拍という刺激文脈効果は主に事象間のIOIによってもたらされていることが示唆される

ものの、持続時間そのものに対する何らかの繫留効果の存在も否定できない。

- (5) 雑音置換による持続長収縮現象そのものを説明するモデルとしては、証拠制御型ゲート・モデルが適切であると考えられる。

### 謝辞

本研究の一部は民間基盤技術研究促進制度の研究委託「大規模コーパス音声対話翻訳技術の研究開発」として行われた。

本研究の一部は独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(A)(2) 課題番号16200016 研究課題名「人の知覚認知処理機構に基づく音声の時間的側面の数理モデル構築」)により実施した。

### 文献

1. Tsuzaki, M., H. Kato, and M. Tanaka, Apparent duration of speech segments interrupted by a noise burst. *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 1994. 15, 205-206.
2. Tsuzaki, M. and H. Kato, Shrinkage of perceived tonal duration produced by extra sounds: effects of spectral density, temporal position, and transition direction. *Perception*, 2000. 29, 989-1004.
3. Tsuzaki, M., H. Kato, and M. Tanaka, Shrinkage in the perceived duration of speech and tone by acoustic replacement. *Japanese Psychological Research*, 2003. 45, 129-139.
4. Jones, A. and M. MacLean, Perceived duration as a function of auditory stimulus frequency. *Journal of Experimental Psychology*, 1966. 71, 358-364.
5. 中島祥好, 短音で示された分割時間の精神物理学的研究. *日本音響学会誌*, 1979. 35, 145-151.
6. Tsuzaki, M. and H. Kato, Durational shrinkage by noise replacement in quasi-isochronous and hyperisochronous contexts. *Acoustical Science and Technology*, 2004. in press.